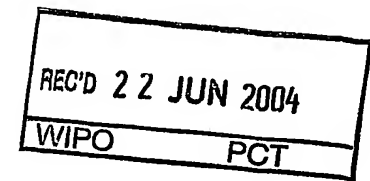


**PRIORITY
DOCUMENT**
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)



01.04.2004



**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung
einer Patentanmeldung**

Aktenzeichen:

103 15 175.3

Anmeldetag:

03. April 2003

Anmelder/Inhaber:

Degussa Construction Chemicals GmbH,
83308 Trostberg/DE

Bezeichnung:

Elektrosterisch stabilisierte wässrige Polyurethan-Harze,
Verfahren zu ihrer Herstellung und deren Verwendung

IPC:

C 08 G, C 04 B, C 09 D

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 18. März 2004
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

**Degussa Construction
Chemicals GmbH**

83308 Trostberg

**Trostberg, 1. April 2003
Unser Zeichen: S-MS-IPM-PAT
Dr. Schm/hg
DCC 12**

**Elektrosterisch stabilisierte wässrige Polyurethan-Harze,
Verfahren zu ihrer Herstellung und deren Verwendung**

Beschreibung

Die vorliegende Erfindung betrifft elektrosterisch stabilisierte wässrige Polyurethan-Dispersionen, ein Verfahren zu ihrer Herstellung sowie deren Verwendung zur Modifizierung und Vergütung von u.a. mineralischen Bindemitteln.

Die Bindemittel-Klasse der wässrigen bzw. wasserbasierenden Polyurethane ist seit über 40 Jahren bekannt. Das Eigenschaftsprofil der wasserbasierenden Polyurethane wurde in den vergangenen Jahrzehnten kontinuierlich verbessert, was durch eine Vielzahl von Patentschriften und Veröffentlichungen zu diesem Themenkreis eindrucksvoll belegt wird. Zur Chemie und Technologie der wasserbasierenden Polyurethane sei auf D. Dieterich, K. Uhlig in *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, Sixth Edition 1999 Electronic Release*. Wiley-VCH; D. Dieterich in *Houben-Weyl, Methoden der Organischen Chemie*. Bd. E20, H. Bartl, J. Falbe (Hrsg.), Georg Thieme Verlag, Stuttgart 1987, S. 1641ff.; D. Dieterich, Prog. Org. Coat. 9 (1981) 281-330; J. W. Rosthauser, K. Nachtkamp, Journal of Coated Fabrics 16 (1986) 39-79; R. Arnoldus, Surf. Coat. 3 (Waterborne Coat.) (1990), 179-98 verwiesen.

Emulgatorfreie selbstemulgierende Polyurethane sind seit geraumer Zeit bekannt. Sie enthalten chemisch eingebaute hydrophile Zentren, die eine Selbstemulgierbarkeit des ansonsten hydrophoben Polyurethan-Backbones gewährleistet. Prinzipiell unterscheidet man zwei verschiedene Arten kovalent gebundener hydrophiler Zentren. Dies können einerseits ionische Gruppen sein, wie z.B. Carboxylat- oder Sulfonat-Gruppen (elektrostatische Stabilisierung), andererseits aber auch hydrophile nichtionische Gruppen wie Polyethylenoxide (sterische Stabilisierung).

Die Polyurethan-Dispersionen besitzen je nach Art des hydrophilen Zentrums verschiedene charakteristische Eigenschaften. Ionisch stabilisierte Polyurethan-Dispersionen sind gegen Temperaturerhöhung weitestgehend beständig, da die Löslichkeit der enthaltenen Salz-Gruppen praktisch temperaturunabhängig ist.

Nichtionisch stabilisierte Polyurethan-Dispersionen dagegen koagulieren aufgrund der geringer werdenden Wasserlöslichkeit der Polyethylenoxid-Seitenketten beim Erhitzen bereits bei Temperaturen von ca. 60 °C.

Im Gegensatz zu ionisch stabilisierten Polyurethan-Dispersionen besitzen diese eine außerordentliche Elektrolytbeständigkeit und sind auch nach dem Gefrieren und Auftauen noch stabil.

Die eingebauten hydrophilen Zentren setzen allerdings die Wasserbeständigkeit getrockneter Filme von Polyurethan-Dispersionen naturgemäß erheblich herab. Es ist jedoch bekannt, dass durch einen kombinierten Einbau von ionischen und seitenständigen nichtionischen hydrophilen Gruppen die Gesamtzahl der hydrophilen Zentren wesentlich geringer gehalten werden kann, als dies bei ausschließlicher Verwendung einer der beiden möglich wäre ohne eine gute Dispergierbarkeit zu beeinträchtigen.

Ionische und nichtionische hydrophile Gruppen wirken hier außerdem synergistisch, d.h. die auf diese Weise stabilisierte Polyurethan-Dispersion ist zugleich gegen Frost und Erhitzen stabil und besitzt zudem noch Elektrolytstabilität.

In der US 3 905 929 B1 werden wasserdispergierbare rein nicht-ionisch stabilisierte Polyurethane mit seitenständigen Polyalkylenoxid-Ketten beschrieben. Die Polyalkylenoxid-Seitenketten werden über eine Diol-Komponente in die Polyurethan-Hauptkette eingebaut. Diese wird aus einem monoalkohol-gestarteten Polyether, bestehend aus vorwiegend Ethylenoxid-Einheiten und ggf. Butylenoxid-, Styroloxid oder Propylenoxid-Einheiten, durch Umsetzung mit einem 3-10-fachen Überschuss eines Diisocyanats und anschließender Reaktion mit Diethanolamin oder vergleichbarer Verbindungen hergestellt. Das überschüssige Diisocyanat wird zur Unterdrückung der Bisurethan-Bildung vor dem letzten Reaktionsschritt destillativ entfernt. Hier soll allein durch überschüssiges Diisocyanat die Bildung von Bisurethan verhindert werden. Ein Katalysator zur Erhöhung der Selektivität der Addition einer Hydroxylgruppe an die jeweils reaktivere Isocyanat-Gruppe wird hier allerdings nicht verwendet. Gemäß der US 3 920 598 B1 wird ein Verfahren offenbart, bei

dem die Polyethylenoxid-Kette über eine Allophanat- oder Biuret-Bindung kovalent an ein Diisocyanat-Molekül gebunden wird.

Aus der DE 25 51 094 A1 sind in Wasser dispergierbare emulgatorfreie Polyurethane mit end- oder seitenständigen Polyalkylenoxid-Polyetherketten (nichtionische hydrophile Gruppen) in Verbindung mit ionischen hydrophilen Zentren bekannt, wobei die ionischen Zentren quarternäre Ammonium-, Carboxylat- oder Sufonationen sind, die mit geeigneten salzbildenden Gegenionen verbunden sind. Der kombinierte Einbau erlaubt es, dass die Gesamtzahl an hydrophilen Gruppen wesentlich geringer gehalten werden kann als dies bei ausschließlicher Verwendung von ionischen bzw. nichtionischen Gruppen möglich ist. Die seitenständigen Polyether-Einheiten, die im wesentlichen aus Ethylenoxid-Einheiten aufgebaut sind, aber auch Propylenoxid, Butylenoxid, Styroloxid oder Polytetrahydrofuran enthalten können, werden hier über eine Diol- bzw. Diisocyanat-Komponente in das Prepolymer eingebaut.

Gemäß DE 26 51 505 C2 werden kationische wasserdispergierbare Polyurethansysteme in Verbindung mit end- oder seitenständigen Polyalkylenoxid-Polyetherketten beschrieben, die ebenfalls über eine Diol- bzw. Diisocyanat-Komponente in das Prepolymer eingebaut werden. In beiden Patenten wird die Effektivität der hydrophilen Gruppen ausschließlich über deren Anzahl definiert, nicht über deren Verteilung im Prepolymer.

Aus der DE 23 14 512 A1 bzw. DE 23 14 513 A1 sind emulgatorfreie wässrige Polyurethane bekannt, die ausschließlich nichtionisch über Polyethylenoxid-Seitenketten stabilisiert sind, welche über eine Diol-Komponente bzw. Diisocyanat-Komponente in das Prepolymer eingebaut werden.

In der DE 27 30 514 A1 werden elektrolytstabile wässrige Lösungen von Polyurethanionomeren offenbart. Der Einbau hydrophiler Polyethersegmente innerhalb der Polyurethan-Kette, seiten- oder endständig, bewirkt einen Schutz gegen Elektrolyte bei hohen Ionenladungen. Durch den relativ hohen Anteil hydrophiler Gruppen sind die Wasserbeständigkeiten ausgehärteter Filme von diesen Polyurethansystemen nicht besonders gut.

Entsprechend der DE 26 59 617 C2 wird ein Verfahren zur Herstellung von wässrigen, bei Raumtemperatur stabilen, wasserlösliche Elektrolyte enthaltenden ionischen Polyurethan-Dispersionen mit end- oder seitenständigen Ethylenoxid-Ketten offenbart, die dadurch zwar weniger frostempfindlich und stabil gegen Elektrolyte enthaltende Additive wie z.B. Pigmente und Füllstoffe sind, jedoch aufgrund des gelösten Elektrolyts eine hohe Wärmeempfindlichkeit aufweisen.

Eine Verbesserung des in der DE 25 51 094 A1 beschriebenen Verfahrens wird in DE 28 16 815 A1 vorgestellt. Es werden hier in Wasser dispergierbare oder lösliche Polyurethane mit end- oder seitenständigen hydrophilen

Aufbaukomponenten, die sowohl Sulfonatgruppen als auch innerhalb einer Polyetherkette angeordnete Ethylenoxid-Einheiten aufweisen. Bei allen vorher genannten Patenten bzw. Offenlegungsschriften wurden die beiden hydrophilen Gruppierungen (ionische und nichtionische) getrennt voneinander in die Polyurethankette eingebaut.

Schließlich werden gemäß DE 38 31 169 A1 bzw. DE 38 31 170 A1 lösliche oder wasserdispergierbare nichtionische Polyurethane mit Polyethylenoxid-Seitenketten in Kombination mit freien nicht neutralisierten Säure- oder freien nicht neutralisierten tertiären Amino-Gruppen beschrieben, was zu einer erhöhten Lagerstabilität führen soll.

Als potentielle Anwendungen für die in den oben genannten Patenten bzw. Offenlegungsschriften beschriebenen wässrigen Polyurethansysteme sind in der Regel Bindemittel für dünne Beschichtungen bzw. Imprägnierungen von verschiedenen Werkstoffen wie z.B. Textilien, Holz, Leder Metall, Keramik usw. genannt.

Die benötigte Menge an eingebauten hydrophilen ionischen und nichtionischen Komponenten ist jedoch in allen Fällen verhältnismäßig hoch, wenn stabile wässrige Systeme erhalten werden sollen, was zwangsläufig eine Verschlechterung der Wasserbeständigkeit mit sich bringt und daneben negative

Auswirkungen auf das gesamte Eigenschaftsprofil des Polyurethansystems hat. Dies liegt an der durch das Herstellungsverfahren bedingten ungleichmäßigen Verteilung der hydrophilen Polyalkylenoxid-Seitenketten entlang des Polyurethan-Backbones, was zu einem erhöhten Gesamtbedarf an hydrophilen Zentren führt.

Auch die Verarbeitungseigenschaften sind bei diesen Polyurethansystemen, in denen das Verhältnis von ionischer und nichtionischer Stabilisierung nicht optimal abgestimmt ist, nicht akzeptabel, insbesondere in Systemen mit mineralischen Bindemitteln, wie zum Beispiel zementbasierenden Ausgleichsmassen.

Der vorliegenden Erfindung lag daher die Aufgabe zugrunde, elektrosterisch stabilisierte wässrige Polyurethan-Dispersionen mit optimiertem Verhältnis zwischen ionischen und nichtionischen hydrophilen Gruppierungen sowie gleichmäßiger Verteilung entlang des Polyurethan-Backbones zur Modifizierung und Vergütung von in erster Linie mineralischen Bindemitteln zu entwickeln, welche die genannten Nachteile des Standes der Technik nicht aufweisen, sondern verbesserte Material- und Applikationseigenschaften besitzen und gleichzeitig unter Berücksichtigung ökologischer, ökonomischer und physiologischer Aspekte hergestellt werden können.

Diese Aufgabe wurde erfindungsgemäß durch die Bereitstellung von elektrosterisch stabilisierten wässrigen Polyurethan-Harzen gelöst, die erhältlich sind durch

- a) die Herstellung eines hydrophilen und lösemittelfreien Makromonomers (A)(ii) mit monomodaler Molekularmassenverteilung, wobei man
 - a₁) 50 bis 100 Gewichtsteile eines hydrophilen Alkyl- und/oder Arylpolyalkylenglykols (A)(i) mit einer gegenüber Isocyanat-Gruppen reaktiven primären und/oder sekundären Hydroxyl-Gruppe und einer Molekularmasse von 250 bis 5000 Dalton mit 1 bis 100 Gewichtsteilen eines

Polyisocyanates (B)(i), bestehend aus mindestens einem Diisocyanat, Polyisocyanat, Polyisocyanat-Derivat oder Polyisocyanat-Homologen mit zwei oder mehreren aliphatischen oder aromatischen Isocyanat-Gruppen gleicher oder unterschiedlicher Reaktivität ggf. in Gegenwart eines Katalysators zur Reaktion bringt sowie

a₂) das Preaddukt aus Stufe a₁) vollständig mit 0,5 bis 200 Gewichtsteilen einer Verbindung (C) mit zwei oder mehreren gegenüber Isocyanat-Gruppen reaktiven primären und/oder sekundären Amino-Gruppen und/oder Hydroxyl-Gruppen und einer Molekularmasse von 50 bis 500 Dalton zur Reaktion bringt sowie

b) durch die Herstellung der Polyurethan-Dispersion, wobei man

b₁) 2 bis 50 Gewichtsteile des hydrophilen und lösemittelfreien Makromonomers (A)(ii) mit monomodaler Molekularmassenverteilung mit zwei oder mehreren gegenüber Isocyanat-Gruppen reaktiven Hydroxyl-Gruppen und einer Molekularmasse von 500 bis 5500 Dalton mit 25 bis 250 Gewichtsteilen einer Polyisocyanat-Komponente (B)(ii), bestehend aus mindestens einem Polyisocyanat, Polyisocyanat-Derivat oder Polyisocyanat-Homologen mit zwei oder mehreren (cyclo)aliphatischen oder aromatischen Isocyanat-Gruppen ggf. unter Zugabe von 0 bis 50 Gewichtsteilen einer Lösemittel-Komponente (D) und ggf. in Gegenwart eines Katalysators umsetzt,

b₂) das Polyurethan-Preaddukt aus Stufe b₁) mit der Zusammensetzung mit 50 bis 100 Gewichtsteilen eines polymeren Polyols (A)(iii) mit zwei oder mehreren gegenüber Isocyanat-Gruppen reaktiven Hydroxyl-Gruppen und einer Molekularmasse von 500 bis 5000 Dalton ggf. in Gegenwart

und ggf.

mit 0,5 bis 10 Gewichtsteilen einer niedermolekulare Polyolkomponente (A)(iv) mit 2 oder mehreren Hydroxyl-Gruppen und einem Molekulargewicht von 50 bis 499 Dalton ggf. in Gegenwart eines Katalysators umgesetzt,

- b₃) das Polyurethan-Preaddukt aus Stufe b₂) mit 2 bis 20 Gewichtsteilen einer niedermolekularen und anionisch modifizierbaren Polyol-Komponente (A)(v) mit einer, zwei oder mehreren gegenüber Isocyanat-Gruppen reaktiven Hydroxyl-Gruppen und einer oder mehreren inerten Carbonsäure- und/oder Sulfonsäure-Gruppe(n), welche mit Hilfe von Basen teilweise oder vollständig in Carboxylat- bzw. Sulfonatgruppen überführt werden können oder bereits in Form von Carboxylat- und/oder Sulfonat-Gruppen vorliegen, und einer Molekularmasse von 100 bis 1000 Dalton ggf. in Gegenwart eines Katalysators umgesetzt,
- b₄) das Polyurethan-Prepolymer aus Stufe b₃) vor oder während der Dispergierung in Wasser zur teilweisen oder vollständigen Neutralisation der Säure-Gruppen mit 2 bis 20 Gewichtsteilen einer Neutralisations-Komponente (E) versetzt,
- b₅) das ggf. (teil-)neutralisierte Polyurethan-Prepolymer aus Stufe b₄) in 50 bis 1500 Gewichtsteilen Wasser, welches ggf. noch 0 bis 100 Gewichtsteile einer Formulierungs-Komponente (F) enthält, dispergiert und schließlich
- b₆) die (teil-)neutralisierte Polyurethan-Prepolymer-Dispersion aus Stufe b₅) mit 3 bis 60 Gewichtsteilen einer Kettenverlängerungs-Komponente (G) sowie anschließend oder gleichzeitig mit 0 bis 30 Gewichtsteilen einer Kettenstoppungs-Komponente (H) umgesetzt.

Es hat sich nämlich überraschenderweise gezeigt, dass durch die Herstellung und Verwendung eines hydrophilen und lösemittelfreien Makromonomers (A)(ii) mit monomodaler Molekularmassenverteilung gemäss den Reaktionsstufen a₁) bis a₂) in Verbindung mit einem dreistufigen Herstellungsverfahren für das Polyurethan-

Prepolymer gemäss den Reaktionsstufen b₁) bis b₃) folgende Vorteile für die elektrosterisch stabilisierte Polyurethan-Dispersionen ergeben:

- keine Nebenprodukte bei der Herstellung des Makromonomers (A)(ii) bedingt durch die spezielle Zusammensetzung des gegenüber Polyisocyanaten selektiven hydrophilen Alkyl- und/oder Arylpolyalkylenglykols (A)(i)
- Kompatibilität zwischen nichtionischem Stabilisator (Makromonomer (A)(ii)) und Polyurethan-Backbone bereits im Rahmen der Synthese des Polyurethan-Prepolymers
- optimale Anordnung / Verteilung des nichtionischen Stabilisators (Makromonomer (A)(ii)) im Polyurethan-Polymer durch dreistufiges Herstellungsverfahren für das Polyurethan-Prepolymer
- insgesamt sehr geringer Stabilisator-Bedarf (anionisch + nichtionisch) und vergleichsweise sehr geringe Hydrophilie
- keine Koagulation bei pH 1 - 14
- echte Dispersion: hohe Festkörpergehalte bei niedriger Viskosität bedingt durch sehr geringen Stabilisator-Bedarf (anionisch + nichtionisch) (vgl. Stand der Technik: Lösungen: hohe Viskositäten bei hohen Festkörpergehalten bedingt durch sehr hohen Stabilisator-Bedarf)
- vollständig VOC-freie Bindemittel zugänglich
- hohe Langzeit-Lagerstabilität (vgl. Stand der Technik: langsame Destabilisierung durch Nebenprodukte in nichtionischen Stabilisatoren)
- Hydrolyseresistenz und Tieftemperaturflexibilität im Vergleich mit Bindemitteln auf Acrylat-Basis für ähnliche Anwendungen
- Eigenschaftsprofil, Materialeigenschaften und Verarbeitungsverhalten werden durch neuartige Polymer-Struktur gegenüber dem Stand der Technik positiv beeinflusst

Die erfindungsgemäße elektrosterisch stabilisierte Polyurethan-Dispersion ist definiert durch ihr mehrstufiges Herstellverfahren. In der Reaktionsstufe a) wird zunächst ein hydrophiles und lösemittelfreies Makromonomer (A)(ii) mit monomodaler Molekularmassenverteilung hergestellt, das dann in der

Reaktionsstufe b) weiter zu einer lösemittelarmen oder lösemittelfreien, elektrosterisch stabilisierten Polyurethan-Dispersion umgesetzt wird.

Zur Durchführung dieses Verfahrens werden unter Anwendung der in der Polyurethan-Chemie üblichen Techniken in der Reaktionsstufe a₁) 50 bis 100 Gewichtsteile eines hydrophilen Alkyl- und/oder Arylpolyalkylenglykols (A)(i) mit einer gegenüber Isocyanat-Gruppen reaktiven primären und/oder sekundären und/oder tertiären Hydroxyl-Gruppe und einer Molekularmasse von 250 bis 5000 Dalton mit 1 bis 100 Gewichtsteilen eines Polyisocyanates (B)(i), bestehend aus mindestens einem Diisocyanat, Polyisocyanat, Polyisocyanat-Derivat oder Polyisocyanat-Homologen mit zwei oder mehreren (cyclo)aliphatischen oder aromatischen Isocyanat-Gruppen gleicher oder unterschiedlicher Reaktivität ggf. in Gegenwart eines Katalysators in Abwesenheit von Lösemitteln zur Reaktion gebracht, wobei die Reaktionsbedingungen und die Selektivitäten der Komponenten (A)(i) und (B)(i) so gewählt werden, dass nur eine Isocyanat-Gruppe der Komponente (B)(i) mit der Komponente (A)(i) reagiert. Die Herstellung des Polyurethan-Preaddukts gemäss Reaktionsstufe a₁) erfolgt vorzugsweise in der Weise, dass die Komponente (A)(i) innerhalb eines Zeitraumes von einigen Minuten bis zu einigen Stunden der Komponente (B)(i) zugesetzt bzw. zudosiert wird oder alternativ dazu, dass die Komponente (B)(i) innerhalb eines Zeitraumes von einigen Minuten bis zu einigen Stunden der Komponente (A)(i) zugesetzt bzw. zudosiert wird.

In der nachfolgenden Reaktionsstufe a₂) wird das einheitliche Preaddukt aus Stufe a₁) vollständig mit 0,5 bis 200 Gewichtsteilen einer Verbindung (C) mit zwei oder mehreren gegenüber Isocyanat-Gruppen reaktiven primären und/oder sekundären Amino-Gruppen und/oder Hydroxyl-Gruppen und einer Molekularmasse von 50 bis 500 Dalton in Abwesenheit von Lösemitteln zur Reaktion gebracht, wobei die Reaktionsbedingungen und die Selektivität der Komponente (C) so gewählt werden, dass nur eine reaktive Gruppe der Komponente (C) mit der/den freien Isocyanat-Gruppe(n) des Preaddukts reagiert. Die Komponente (A)(ii) weist aufgrund der Abwesenheit von unerwünschten Nebenprodukten, die durch Addition von zwei oder mehreren

Molekülen (A)(i) an ein Molekül (B)(i) in Stufe a₁) und demgemäss durch Addition von zwei oder mehreren Molekülen (C) an ein Molekül (B)(i) in Stufe a₂) entstehen könnten, eine monomodale Molekularmassenverteilung auf.

Dies konnte durch MALDI-TOF-Untersuchungen explizit nachgewiesen werden. Im Gegensatz zum bereits zitierten Stand der Technik treten neben dem gewünschten Makromonomer (A)(ii) also keine Nebenprodukte in Form von externen Emulgatoren und Vernetzern auf, die zu einer deutlichen Verschlechterung der Produktqualität der resultierenden Polyurethan-Dispersion führen würden. Erstere werden nicht in das Polyurethan-Polymer eingebaut und verringern damit die Stabilität der Dispersion, zweitere führen zu einer Übervernetzung im Polyurethan-Polymer und verringern damit ebenfalls die Stabilität der Dispersion. Da immer beide Nebenprodukte auftreten, verstärken sich deren Effekte gegenseitig. Bedingt durch diese Tatsache eignen sich die gemäß Stand der Technik hergestellten Produkte auch nur bedingt für bauchemische Anwendungen. Da die Bildung der Nebenprodukte sehr stark von der Prozessführung abhängt, muss bei den literaturbekannten Systemen auch die Reproduzierbarkeit stark in Frage gestellt werden.

Die Durchführung der Reaktionsstufen a₁) und a₂) ist im Hinblick auf die Reaktionsbedingungen relativ unkritisch. Der Reaktionsansatz wird in den Reaktionsstufen a₁) und a₂) unter Ausnutzung der Exothermie der Polyadditions-Reaktion bis zum Erreichen des berechneten bzw. theoretischen NCO-Gehaltes bei 10 bis 30 °C, vorzugsweise bei 15 bis 25 °C, unter Inertgas-Atmosphäre gerührt. Die erforderlichen Reaktions-Zeiten liegen im Bereich von einigen Minuten bis einigen Stunden und werden durch Reaktionsparameter wie die Reaktivität der Komponenten, die Stöchiometrie der Komponenten und die Temperatur maßgebend beeinflusst.

Das NCO/OH-Equivalentverhältnis in Stufe a₁) wird auf 1,9 bis 2,1 und das NCO/OH+NH-Equivalentverhältnis in Stufe a₂) wird auf 0,95 bis 1,05 eingestellt.

In der nachfolgenden Reaktionsstufe b₁) werden 2 bis 50 Gewichtsteile des hydrophilen und lösemittelfreien Makromonomers (A)(ii) mit monomodaler Molekularmassenverteilung mit zwei oder mehreren gegenüber Isocyanat-Gruppen reaktiven Hydroxyl-Gruppen und einer Molekularmasse von 500 bis 5500 Dalton mit 25 bis 250 Gewichtsteilen einer Polyisocyanat-Komponente (B)(ii), bestehend aus mindestens einem Polyisocyanat, Polyisocyanat-Derivat oder Polyisocyanat-Homologen mit zwei oder mehreren (cyclo)aliphatischen oder aromatischen Isocyanat-Gruppen ggf. unter Zugabe von 0 bis 50 Gewichtsteilen einer Lösemittel-Komponente (D) und ggf. in Gegenwart eines Katalysators umgesetzt. Die Herstellung des Polyurethan-Preaddukts gemäss Reaktionsstufe b₁) erfolgt vorzugsweise in der Weise, dass die Komponente (A)(ii) innerhalb eines Zeitraumes von einigen Minuten bis zu einigen Stunden der Komponente (B)(ii) zugesetzt bzw. zudosiert wird oder alternativ dazu das Komponente (B)(ii) innerhalb eines Zeitraumes von einigen Minuten bis zu einigen Stunden der Komponente (A)(ii) zugesetzt bzw. zudosiert wird. In der nachfolgenden Reaktionsstufe b₂) wird das Polyurethan-Preaddukt aus Stufe b₁) mit 50 bis 100 Gewichtsteilen eines polymeren Polyols (A)(iii) mit zwei oder mehreren gegenüber Isocyanat-Gruppen reaktiven Hydroxyl-Gruppen und einer Molekularmasse von 500 bis 5000 Dalton und ggf. mit 0,5 bis 10 Gewichtsteilen einer niedermolekularen Polyolkomponente (A)(iv) mit 2 oder mehreren Hydroxyl-Gruppen und einem Molekulargewicht von 50 bis 499 Dalton ggf. in Gegenwart eines Katalysators umgesetzt. Anschließend wird in der Reaktionsstufe b₃) das Polyurethan-Preaddukt aus Stufe b₂) mit 2 bis 20 Gewichtsteilen einer niedermolekularen und anionisch modifizierbaren Polyol-Komponente (A)(v) mit einer, zwei oder mehreren gegenüber Isocyanat-Gruppen reaktiven Hydroxyl-Gruppen und einer oder mehreren inerten Carbonsäure- und/oder Sulfonsäure-Gruppe(n), welche mit Hilfe von Basen teilweise oder vollständig in Carboxylat- bzw. Sulfonatgruppen überführt werden können oder bereits in Form von Carboxylat- und/oder Sulfonat-Gruppen vorliegen, und einer Molekularmasse von 100 bis 1000 Dalton ggf. in Gegenwart eines Katalysators umgesetzt. Die in den Reaktionstufen b₂) bzw. b₃) eingesetzten Polyurethan-Preaddukte aus den Reaktionstufen b₁) bzw. b₂) können bei entsprechender Prozessführung bzw. unvollständiger Umsetzung neben Isocyanat-Gruppen

und/oder Polyisocyanat-Monomeren ggf. auch noch freie Hydroxyl-Gruppen aufweisen.

Die Durchführung der Reaktionsstufen b_1), b_2) und b_3) ist im Hinblick auf die Reaktionsbedingungen relativ unkritisch. Der Reaktionsansatz wird in den Reaktionsstufen b_1), b_2) und b_3) unter Ausnutzung der Exothermie der Polyadditions-Reaktion bis zum Erreichen des berechneten bzw. theoretischen NCO-Gehaltes bei 60 bis 120 °C, vorzugsweise bei 80 bis 100 °C, unter Inertgas-Atmosphäre gerührt. Die erforderlichen Reaktions-Zeiten liegen im Bereich von einigen Stunden und werden durch Reaktionsparameter wie die Reaktivität der Komponenten, die Stöchiometrie der Komponenten und die Temperatur maßgebend beeinflusst.

Das NCO/OH-Equivalentverhältnis der Komponenten (A)(i), (A)(ii), (A)(iii), (A)(iv), (A)(v) und (B)(ii) in der Stufe b) wird auf einen Wert von 1,25 bis 2,5, vorzugsweise 1,4 bis 2,0 eingestellt.

Die Umsetzung der Komponenten (A), (B) und (C) in den Stufen a_1), b_1) und b_3) kann in Gegenwart eines für Polyadditions-Reaktionen an Polyisocyanaten üblichen Katalysators erfolgen. Bei Bedarf erfolgt ein Zusatz dieser Katalysatoren in Mengen von 0,01 bis 1 Gew.-% bezogen auf die Komponenten (A) und (B). Gebräuchliche Katalysatoren für Polyadditions-Reaktionen an Polyisocyanate sind bspw. Dibutylzinnoxid, Dibutylzinndilaurat (DBTL), Triethylamin, Zinn(II)-octoat, 1,4-Diaza-bicyclo[2,2,2]octan (DABCO), 1,4-Diaza-bicyclo[3,2,0]-5-nonen (DBN), 1,5-Diaza-bicyclo[5,4,0]-7-undecen (DBU).

Die Komponente (A)(i) besteht aus einem hydrophilen Alkyl- und/oder Arylpolyalkylenglykol mit einer gegenüber Isocyanat-Gruppen reaktiven primären und/oder sekundären Hydroxyl-Gruppe und einer Molekularmasse von 250 bis 5000 Dalton. Als geeignete hydrophile Alkyl- und/oder Arylpolyalkylenglykole können verseifungsstabile Copolymere und/oder statistische Copolymere und/oder Blockcopolymere, zusammengesetzt aus 90 bis 10 Gew.-% Ethylenoxid und 10 bis 90 Gew.-%

weiteren Alkylenoxiden mit 4 bis 30 Kohlenstoffatomen pro Alkylenoxid, mit einer primären und/oder sekundären und/oder tertiären Hydroxyl-Gruppe, vorzugsweise monofunktionelles Alkyl-poly-(ethylenoxid-*co/ran*-alkylenoxid) und/oder Alkyl-poly-(ethylenoxid-*block*-alkylenoxid) und/oder Natriumsulfonatopropyl-poly-(ethylenoxid-*co/ran*-alkylenoxid) und/oder Natriumsulfonatopropyl-poly-(ethylenoxid-*block*-alkylenoxid) mit einer sekundären oder tertiären Hydroxyl-Gruppe, zusammengesetzt aus 90 bis 10 Gew.-% Ethylenoxid und 10 bis 90 Gew.-% eines weiteren Alkylenoxids, eingesetzt werden. Als Alkylenoxide werden Propylenoxid, Butylenoxid, Dodecyloxid, Isoamyloxid, Oxetan, substituierte Oxetane, α -Pinenoxid, Styroloxid, Tetrahydrofuran oder weitere aliphatische oder aromatische Alkylenoxide mit 4 bis 30 Kohlenstoffatomen pro Alkylenoxid oder Gemische daraus bevorzugt.

Die Komponente (A)(iii) besteht aus einem polymeren Polyol mit zwei oder mehreren gegenüber Polyisocyanaten reaktiven Hydroxyl-Gruppen und einer mittleren Molekularmasse (Zahlenmittel) von 500 bis 5 000 Dalton. Als geeignete polymere Polyole können lineare bzw. difunktionelle Polyalkylenglykole, aliphatische oder aromatische Polyester, Polycaprolactone, Polycarbonate, α,ω -Polymethacrylatdiole, α,ω -Dihydroxyalkylpolydimethylsiloxane, hydroxyfunktionelle Makromonomere, hydroxyfunktionelle Telechele, hydroxyfunktionelle Epoxid-Harze oder geeignete Gemische daraus eingesetzt werden. Bevorzugt werden Polyalkylenglykole eingesetzt. Geeignete Polyalkylenglykole sind beispielsweise Polypropylenglykole, Polytetramethylenglykole bzw. Polytetrahydrofurane, hydrophob modifizierte Blockcopolymere bestehend aus verseifungsstabilen Blockcopolymeren mit ABA-, BAB- oder (AB)_n-Struktur, wobei A ein Polymer-Segment mit hydrophobierenden Eigenschaften und B ein Polymer-Segment auf Basis Polypropylenoxid repräsentiert, mit einer mittleren Molekularmasse (Zahlenmittel) von 1 000 bis 3 000 Dalton eingesetzt. Als Polymer-Segment A werden Polybutylenoxid, Polydodecyloxid, Polyisoamyloxid, Polyoxetan, substituierte Polyoxetane, Poly- α -pinenoxid, Polystyroloxid, Polytetramethylenoxid, weitere aliphatische oder aromatische Polyoxyalkylene mit 4 bis 30 Kohlenstoffatomen pro Alkylenoxid,

α,ω -Polymethacrylatdiole, α,ω -Dihydroxyalkylpolydimethylsiloxane, Makromonomere, Telechele oder Gemische daraus bevorzugt.

Die Komponente (A)(iv) besteht aus einem niedermolekularen Polyol mit zwei oder mehreren gegenüber Polyisocyanaten reaktiven Hydroxyl-Gruppen und einer mittleren Molekularmasse von 50 bis 499 Dalton. Als geeignete niedermolekulare Polyole können beispielsweise 1,2-Ethandiol bzw.

Ethylenglykol, 1,2-Propandiol bzw. 1,2-Propylenglykol, 1,3-Propandiol bzw. 1,3-Propylenglykol, 1,4-Butandiol bzw. 1,4-Butylenglykol, 1,6-Hexandiol bzw. 1,6-Hexamethylenglykol, 2-Methyl-1,3-propandiol, 2,2-Dimethyl-1,3-propandiol bzw. Neopentylglykol, 1,4-Bis-(hydroxymethyl)-cyclohexan bzw.

Cyclohexandimethanol, 1,2,3-Propantriol bzw. Glycerol, 2-Hydroxymethyl-2-methyl-1,3-propanol bzw. Trimethylolethan, 2-Ethyl-2-hydroxymethyl-1,3-propandiol bzw. Trimethylolpropan, 2,2-Bis-(hydroxymethyl)-1,3-propandiol bzw. Pentaerythrit eingesetzt werden.

Die Komponente (A)(v) besteht aus einem niedermolekularen und anionisch modifizierbaren Polyol mit einer, zwei oder mehreren gegenüber Isocyanat-Gruppen reaktiven Hydroxyl-Gruppen und einer oder mehreren inerten Carbonsäure- und/oder Sulfonsäure-Gruppe(n), welche mit Hilfe von Basen teilweise oder vollständig in Carboxylat- bzw. Sulfonatgruppen überführt werden können oder bereits in Form von Carboxylat- und/oder Sulfonat-Gruppen vorliegen, und einer Molekularmasse von 100 bis 1000 Dalton.

Als niedermolekulare und anionisch modifizierbare Polyole können beispielsweise 2-Hydroxymethyl-3-hydroxypropansäure bzw.

Dimethylolessigsäure, 2-Hydroxymethyl-2-methyl-3-hydroxypropansäure bzw.

Dimethylolpropionsäure, 2-Hydroxymethyl-2-ethyl-3-hydroxypropansäure bzw.

Dimethylolbuttersäure, 2-Hydroxymethyl-2-propyl-3-hydroxypropansäure bzw.

Dimethylolvaleriansäure, Citronensäure, Weinsäure, [Tris-(hydroxymethyl)-methyl]-3-aminopropansulfonsäure (TAPS, Fa. Raschig GmbH), Building Blocks auf Basis von 1,3-Propansulfon (Fa. Raschig GmbH) und/oder 3-

Mercaptopropansulfonsäure-Natrium-Salz (MPS, Fa. Raschig GmbH) eingesetzt werden. Diese Building Blocks können ggf. auch Amino-Gruppen anstelle von

Hydroxyl-Gruppen aufweisen. Bevorzugt werden Bishydroxyalkancarbonsäuren mit einer Molekularmasse von 100 bis 200 Dalton eingesetzt und insbesondere 2-Hydroxymethyl-2-methyl-3-hydroxypropansäure bzw. Dimethylolpropionsäure (Handelsname DMPA® der Fa. Trimet Technical Products, Inc.).

Die Komponenten (B)(i) und (B)(ii) bestehen aus mindestens einem Polyisocyanat, Polyisocyanat-Derivat oder Polyisocyanat-Homologen mit zwei oder mehreren aliphatischen oder aromatischen Isocyanat-Gruppen. Geeignet sind insbesondere die in der Polyurethan-Chemie hinreichend bekannten Polyisocyanate oder Kombinationen daraus. Als geeignete aliphatische Polyisocyanate können bspw. 1,6-Diisocyanatohexan (HDI), 1-Isocyanato-5-isocyanatomethyl-3,3,5-trimethyl-cyclohexan bzw. Isophorondiisocyanat (IPDI), Bis-(4-isocyanatocyclo-hexyl)-methan (H₁₂MDI), 1,3-Bis-(1-isocyanato-1-methylethyl)-benzol (m-TMXDI) bzw. technische Isomeren-Gemische der einzelnen aromatischen Polyisocyanate eingesetzt werden. Als geeignete aromatische Polyisocyanate können beispielsweise 2,4-Diisocyanatotoluol bzw. Toluoldiisocyanat (TDI), Bis-(4-isocyanatophenyl)-methan (MDI) und ggf. dessen höhere Homologe (Polymeric MDI) bzw. technische Isomeren-Gemische der einzelnen aromatischen Polyisocyanate eingesetzt werden. Weiterhin sind auch die sogenannten "Lackpolyisocyanate" auf Basis von Bis-(4-isocyanatocyclohexyl)-methan (H₁₂MDI), 1,6-Diisocyanatohexan (HDI), 1-Isocyanato-5-isocyanatomethyl-3,3,5-trimethyl-cyclohexan (IPDI) grundsätzlich geeignet. Der Begriff "Lackpolyisocyanate" kennzeichnet Allophanat-, Biuret-, Carbodiimid-, Isocyanurat-, Uretidion-, Urethan-Gruppen aufweisende Derivate dieser Diisocyanate, bei denen der Rest-Gehalt an monomeren Diisocyanaten dem Stand der Technik entsprechend auf ein Minimum reduziert wurde. Daneben können auch noch modifizierte Polyisocyanate eingesetzt werden, die beispielsweise durch hydrophile Modifizierung von "Lackpolyisocyanaten" auf Basis von 1,6-Diisocyanatohexan (HDI) zugänglich sind. Bei der Komponente (B)(i) sind die aliphatischen Polyisocyanate gegenüber den aromatischen Polyisocyanaten zu bevorzugen. Weiterhin werden Polyisocyanate mit Isocyanat-Gruppen unterschiedlicher Reaktivität bevorzugt. Bei der Komponente (B)(ii) sind 2,4-Toluendiisocyanat, Isomerengemische aus 2,4- Toluendiisocyanat und 2,6-

Toluendiisocyanat oder Isomerengemische aus Isophorondiisocyanat zu bevorzugen.

Vorzugsweise werden Polyisocyanate mit Isocyanat-Gruppen unterschiedlicher Reaktivität eingesetzt, um engere Molekular-Massen-Verteilungen mit geringerer Uneinheitlichkeit zu erhalten. Dementsprechend werden Polyurethan-Prepolymere mit linearer Struktur bevorzugt, die sich aus difunktionellen Polyol- und Polyisocyanat-Komponenten zusammensetzen.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform wird als Komponente (A)(i) ein monofunktionelles Polyalkylenglykol und als Komponente (B)(i) ein mindestens trifunktionelles Polyisocyanat eingesetzt.

Die Komponente (C) besteht aus einer Verbindung mit zwei oder mehreren gegenüber Isocyanat-Gruppen reaktiven primären und/oder sekundären Amino-Gruppen und/oder Hydroxyl-Gruppen und einer Molekularmasse von 50 bis 500 Dalton. Als geeignete Verbindungen können beispielsweise Ethanolamin, Diethanolamin, Ethylendiamin, Diethylentriamin, N-(2-Aminoethyl)-2-aminoethanol und Trimethylolpropan eingesetzt werden. Bevorzugt wird Diethanolamin eingesetzt.

Zur Verringerung der Viskosität der Polyurethan-Prepolymere oder zur Verbesserung der Koaleszenz der Polyurethan-Dispersion können während oder nach der Herstellung gemäß der Reaktionsstufe b) organische Lösemittel zugesetzt werden. Bevorzugt enthält die Polyurethan-Dispersion weniger als 10 Gew.-% an organischen Lösemitteln. Gemäß einer besonders bevorzugten Ausführungsform liegt die Polyurethan-Dispersion lösemittelfrei vor.

Die Lösemittel-Komponente (D) besteht aus einem gegenüber Polyisocyanaten inerten und vorzugsweise mit Wasser ganz oder teilweise mischbaren organischen Lösemittel, das nach der Herstellung in der Polyurethan-Dispersion verbleibt oder durch Destillation wieder ganz oder teilweise entfernt wird. Als geeignete Lösemittel können beispielsweise hochsiedende und hydrophile

organische Lösemittel wie N-Methylpyrrolidon, Diethylenglykoldimethylether, Dipropylenglykoldimethylether (Proglyde DMM® der Fa. Dow), niedrigsiedende Lösemittel wie Aceton, Butanon oder beliebige Gemische daraus eingesetzt werden. Bevorzugt wird ein hochsiedendes und hydrophiles Lösemittel wie N-Methylpyrrolidon eingesetzt, das nach der Herstellung in der Dispersion verbleibt und als Koaleszenz-Hilfsmittel fungiert.

Die Viskosität der Polyurethan-Prepolymere ist relativ niedrig und weitgehend unabhängig von der Struktur der verwendeten Polyol- und Polyisocyanat-Komponenten. Ein Zusatz von Lösemitteln zur Viskositätsverminderung oder zur Verbesserung der Dispergier-Eigenschaften der Polyurethan-Prepolymere ist meist nicht erforderlich. Die besondere Struktur der Prepolymere ermöglicht die Herstellung von Produkten mit außerordentlich hohen Festkörper-Gehalten. Außerdem werden aufgrund der gleichmäßigen Verteilung der Carboxylat- bzw. Sulfonat-Gruppen über das Polyurethan-Polymer nur sehr geringe Ladungsdichten für die Stabilisierung der entsprechenden Polyurethan-Dispersionen benötigt.

Das Polyurethan-Prepolymer aus Reaktionsstufe b₃) wird in der nachfolgenden Reaktionsstufe b₄) vor oder während der Dispergierung in 50 bis 1500 Gew.-Teilen Wasser mit 2 bis 20 Gew.-Teilen einer Neutralisations-Komponente (E) zur teilweisen oder vollständigen Neutralisation der Carbonsäure- und/oder Sulfonsäure-Gruppen umgesetzt (direkte oder indirekte Neutralisation). Im Falle einer direkten Neutralisation wird die Neutralisations-Komponente (E) bereits vor der Dispergierung in Wasser in das Polyurethan-Prepolymer eingebracht, im Falle einer indirekten Neutralisation wird die Neutralisations-Komponente (E) vor der Dispergierung im Wasser vorgelegt. Bei Bedarf kann auch eine Kombination aus direkter und indirekter Neutralisation angewendet werden.

Die Reaktions-Stufe b₄) wird vorzugsweise bei einer Temperatur von 40 bis 60 °C, insbesondere bei ca. 50 °C, durchgeführt.

Die Neutralisations-Komponente (E) besteht aus einer oder mehreren Basen, die zur vollständigen oder teilweisen Neutralisation der Carbonsäure- und/oder Sulfonsäure-Gruppen dienen. Sofern die Komponente (A)(v) bereits in Form ihrer Salze vorliegt, kann auf die Neutralisations-Komponente (E) verzichtet werden. Als geeignete Basen können beispielsweise tertiäre Amine wie N,N-Dimethylethanolamin, N-Methyldiethanolamin, Triethanolamin, N,N-Dimethylisopropanolamin, N-Methyldiisopropanolamin, Triisopropylamin, N-Methylmorpholin, N-Ethylmorpholin, Triethylamin, Ammoniak oder Alkalihydroxide wie Lithiumhydroxid, Natriumhydroxid, Kaliumhydroxid eingesetzt werden. Bevorzugt werden Alkalihydroxide und insbesondere Natriumhydroxid verwendet.

Die Neutralisations-Komponente (E) wird in einer solchen Menge zugegeben, dass der Neutralisations-Grad bezogen auf die freien Carbonsäure- und/oder Sulfonsäure-Gruppen des Polyurethan-Prepolymers bei 25 bis 100 Equivalent-%, vorzugsweise bei 50 bis 100 Equivalent-%, liegt. Bei der Neutralisation werden aus den Carbonsäure- und/oder Sulfonsäure-Gruppen Carboxylat- und/oder Sulfonat-Gruppen gebildet, die zur anionischen Modifizierung bzw. Stabilisierung der Polyurethan-Dispersion dienen.

Das ggf. (teil-)neutralisierte Polyurethan-Prepolymer aus Reaktionsstufe b₄) wird in der nachfolgenden Reaktionsstufe b₅) in 50 bis 1500 Gewichtsteilen Wasser, welches ggf. noch 0 bis 100 Gewichtsteile einer Formulierungs-Komponente (F) enthält (*in-situ* Formulierung), dispergiert.

Die Formulierungs-Komponente (F) besteht aus Entschäumern, Entlüftern, Gleit- und Verlaufadditiven, strahlenhärtende Additiven, Dispergieradditiven, Substratnetzadditiven, Hydrophobierungsmitteln, Rheologieadditiven wie Polyurethan-Verdicker, Koaleszenzhilfsmitteln, Mattierungsmitteln, Haftvermittlern, Frostschutzmitteln, Antioxidantien, UV-Stabilisatoren, Bakteriziden, Fungiziden, weiteren Polymeren und/oder Polymer-Dispersionen sowie Füllstoffen, Pigmenten, Mattierungsmitteln oder geeignete Kombination

daraus. Die einzelnen Formulierungs-Bestandteile sind dabei als inert zu betrachten.

Die Reaktions-Stufe b₅) wird vorzugsweise bei einer Temperatur von 40 bis 60 °C, insbesondere bei ca. 50 °C, durchgeführt.

Bei der Dispergierung wird das Polyurethan-Prepolymer in das Dispergier-Medium überführt und bildet dabei eine Polyurethan-Prepolymer-Dispersion aus. Das neutralisierte Polyurethan-Prepolymer bildet dabei Mizellen, die an der Oberfläche stabilisierende Carboxylat- und/oder Sulfonat-Gruppen sowie Polyalkylenoxid-Ketten und im Inneren reaktive Isocyanat-Gruppen aufweisen.

Alle kationischen Gegenionen zu den anionischen Carboxylat- und/oder Sulfonat-Gruppen sind im Dispergier-Medium gelöst. Die Begriffe "Dispergierung" bzw. "Dispersion" beinhalten, dass neben dispergierten Komponenten mit mizellarer Struktur auch solvatisierte und/oder suspendierte Komponenten enthalten sein können. Für die Überführung des Polyurethan-Prepolymers in die wässrige Phase kann entweder das Polyurethan-Prepolymer in das Dispergier-Medium oder das Dispergier-Medium in das Polyurethan-Prepolymer (Invers-Verfahren) eingerührt werden.

Die (teil-)neutralisierte Polyurethan-Prepolymer-Dispersion aus Reaktionsstufe b₅) wird in der anschließenden Reaktionsstufe b₆) mit 3 bis 60 Gewichtsteilen einer Kettenverlängerungs-Komponente (G) sowie anschließend oder gleichzeitig mit 0 bis 30 Gewichtsteilen einer Kettenstoppungs-Komponente (H) umgesetzt.

Die Reaktionsstufe b₆) wird vorzugsweise bei einer Temperatur von 30 bis 50 °C, insbesondere bei ca. 40 °C, durchgeführt.

Die Kettenverlängerungs-Komponente (G) besteht aus einem Polyamin mit zwei oder mehreren gegenüber Polyisocyanaten reaktiven Amino-Gruppen. Als geeignete Polyamine können beispielsweise Adipinsäuredihydrazid, Ethylendiamin, Diethylentriamin, Triethylentetramin, Tetraethylenpentamin,

Pentaethylenhexamin, Dipropylentriamin, Hexamethyldiamin, Hydrazin, Isophorondiamin, N-(2-Aminoethyl)-2-aminoethanol, Jeffamine® (Polyoxyalkylenamine) der Fa. Huntsman Corporation, Addukte aus Salzen der 2-Acrylamido-2-methylpropan-1-sulfonsäure (AMPS) und Ethylendiamin, Addukte aus Salzen der (Meth)acrylsäure und Ethylendiamin, Addukte aus 1,3-Propansulfon und Ethylendiamin oder beliebige Kombination dieser Polyamine eingesetzt werden. Bevorzugt werden difunktionelle primäre Amine und insbesondere Ethylendiamin eingesetzt.

Die Kettenverlängerungs-Komponente (G) wird in einer solchen Menge zugegeben, daß der Kettenverlängerungs-Grad bezogen auf die freien Isocyanat-Gruppen des Polyurethan-Prepolymers bei 50 bis 100 Equivalent-%, vorzugsweise bei 70 bis 80 Equivalent-%, liegt. Die Kettenverlängerungs-Komponente (G) kann in vorab entnommenen Anteilen des Wassers im Gewichtsverhältnis 1 : 1 bis 1 : 10 verdünnt werden, um die zusätzliche Exothermie durch die Hydratisierung der Amine zurückzudrängen.

Die Kettenstoppungs-Komponente (H) besteht aus einem Monoamin mit einer gegenüber Polyisocyanaten reaktiven Amino-Gruppe. Als geeignete Monoamine können Ethylamin, Diethylamin, n-Propylamin, Di-n-propylamin, Isopropylamin, Diisopropylamin, n-Butylamin, Di-n-butylamin, Ethanolamin, Diethanolamin, Isopropanolamin, Diisopropanolamin, Morpholin, Piperidin, Pyrrolidin oder beliebige Kombination dieser Monoamine eingesetzt werden. Bevorzugt werden monofunktionelle primäre Amine und insbesondere Isopropylamin eingesetzt.

Die Kettenstoppungs-Komponente (H) wird in einer solchen Menge zugegeben, daß der Kettenstoppungs-Grad bezogen auf die freien Isocyanat-Gruppen des Polyurethan-Prepolymers bei 0 bis 50 Equivalent-%, vorzugsweise bei 20 bis 30 Equivalent-%, liegt. Die Kettenstoppungs-Komponente (H) kann in vorab entnommenen Anteilen des Wassers im Gewichtsverhältnis 1 : 1 bis 1 : 10 verdünnt werden, um die zusätzliche Exothermie durch die Hydratisierung der Amine zurückzudrängen.

Die Kettenverlängerung und die Kettenstoppung der Polyurethan-Prepolymer-Dispersion führt zum Aufbau der Molekularmasse innerhalb der Micellen und zur Bildung einer Polyurethan-Polyharnstoff-Dispersion hoher Molekularmasse. Die Kettenverlängerungs-Komponente (G) und die Kettenstopps-Komponente (H) reagieren dabei mit reaktiven Isocyanat-Gruppen wesentlich rascher als Wasser.

Im Anschluß an die Reaktions-Stufe b₆) werden evtl. noch vorhandene freie Isocyanat-Gruppen mit Wasser vollständig kettenverlängert.

Der Gehalt an Ethylenoxid-Gruppen im Polyurethan-Polymer aus den Komponenten (A), (B), (C), (E), (G) und (H) wird auf 0,5 bis 10 Gew.-% vorzugsweise auf 2 bis 5 Gew.-% eingestellt.

Der Festkörper-Gehalt an Polyurethan-Polymer bestehend aus den Komponenten (A), (B), (C), (E), (G) und (H) wird auf 30 bis 70 Gew.-%, vorzugsweise auf 50 bis 55 Gew.-%, bezogen auf die Gesamtmenge der Polyurethan-Dispersion eingestellt.

Der Gehalt an Carboxylat- und/oder Sulfonat-Gruppen im Polyurethan-Polymer aus den Komponenten (A), (B), (C), (E), (G) und (H) wird auf 5 bis 25 meq·(100 g)⁻¹, vorzugsweise auf 10 bis 20 meq·(100 g)⁻¹, und die Säurezahl auf 5 bis 30 meq KOH·g⁻¹, vorzugsweise 10 bis 25 meq KOH·g⁻¹, eingestellt.

Die mittlere Partikelgröße (AF-FFF) der Mizellen der Polyurethan-Dispersion beträgt 50 bis 500 nm, vorzugsweise 100 bis 400 nm.

Die mittlere Molmasse (Zahlenmittel) der Polyurethan-Polymere aus den Komponenten (A), (B), (C), (E), (G) und (H) beträgt 25 000 bis 500 000 Dalton.

In einer besonders bevorzugten Ausführungsform wird die Polyurethan-Dispersion mit Hilfe des *High Solids Zero VOC Process* hergestellt (vgl. WO 99/50 325 und DE 199 49 971). Dieses Verfahren stellt eine universelle Methode zur Herstellung von maßgeschneiderten Polyurethan-Dispersionen dar. Die

geringen technischen Anforderungen des Verfahrens und der völlige Verzicht auf flüchtige und/oder nichtflüchtige organische Lösemittel ermöglichen hohe Raum/Zeit-Ausbeuten bei niedrigen Kosten. Die Performance der erfindungsgemäßen Polyurethan-Dispersionen hinsichtlich Lösemittel-Freiheit, Festkörper-Gehalt, Material-Eigenschaften und sind bemerkenswert. Hervorzuheben sind außerdem die Einfachheit und Reproduzierbarkeit des Verfahrens sowie die Lagerstabilität der Produkte.

Bedingt durch die ideal linear segmentierte Struktur der Polyurethan-Polymeren resultiert intermolekular eine sehr ausgeprägte und regelmäßige Domänen-Struktur aus Hartsegmenten und Weichsegmenten. Hartsegmente bestehen aus Strukturelementen mit starren Urethan- und Harnstoff-Gruppen sowie kurzkettigen Diolen, die eine starke interchenare Wechselwirkung ausüben. Weichsegmente bestehen aus flexiblen Struktur-Elementen mit Carbonat-, Ester- und Ether-Gruppen, die eine schwache interchenare Wechselwirkung ausüben. Die Polyurethan-Dispersionen weisen aufgrund ihres Herstellverfahrens eine ideal linear segmentierte Struktur auf. Der Ausdruck "ideal linear segmentierte Struktur" kennzeichnet hierbei, dass die Polyurethan-Polymere einen linearen Aufbau besitzen und alle Aufbau-Komponenten in regelmäßiger Anordnung und Sequenz enthalten, woraus die besonderen Material-Eigenschaften der Polyurethan-Dispersionen resultieren. Dehnung und Zugfestigkeit können über weite Bereiche nahezu beliebig variiert werden.

Ein weiterer Gegenstand der vorliegenden Erfindung betrifft die Verwendung von elektrosterisch stabilisierten wässrigen Polyurethan-Harzen in bauchemischen Produkten.

Die erfindungsgemäß vorgeschlagenen elektrosterisch stabilisierten wässrigen Polyurethan-Harze eignen sich als Bindemittel in flüssigen und pastösen Bauprodukten in Form von

(a) Kunstharzputzen,

(b) Bitumenmassen und Asphalt sowie

(c) Einzelkomponenten von Wärmedämmverbundsystemen, ggf. unter Zusatz von mineralischen Bindemitteln.

Die erfindungsgemäß vorgeschlagenen elektrosterisch stabilisierten wässrigen Polyurethan-Harze eignen sich daneben als Vergütungskomponente von mineralischen Bauprodukten in Form von

(a) Mörtelzusatzdispersionen für Estriche, Bodenspachtel- und Verlaufsmassen,

(b) Mörtelzusatzdispersionen für Bau-, Fliesen- und WDVS-Kleber,

(c) Dispersionen als Mörtelzusatz für 2K-Dichtungsschlämme,

(d) Mörtelzusatzdispersionen für Betonreparatursysteme sowie

(e) Polymerdispersionen als Zusatzstoff im Betonbau.

Die erfindungsgemäß vorgeschlagenen elektrosterisch stabilisierten wässrigen Polyurethan-Harze eignen sich ebenfalls als Bindemittel in - ggf. mineralische Bindemittel enthaltenden - Formulierungen für Sportbodenbeläge und Tennisplatzbeläge in Form von

(a) Bindemitteln für Elastikschichten, bestehend aus Gummigranulaten oder Fasern sowie ggf. Zuschlagstoffen,

(b) Haftvermittlern oder Grundierungen für die Untergründe von Sportbodenbelägen,

(c) Spritzbeschichtungen, ggf. mit Struktur-Füllstoffen, zur Aufbringung auf elastische oder starre Untergründe,

- (d) Verlaufsbeschichtungen zur Aufbringung auf elastische oder starre Untergründe,
- (e) Spachtelmassen für den Porenverschluß von elastischen oder starren Untergründen,
- (f) Klebstoffen zur Verklebung von vorgefertigten Elastikschichten,
- (g) Versiegelungen, ggf. mit Pigmenten, sowie
- (h) Linierungsfarben.

Die erfindungsgemäß vorgeschlagenen elektrosterisch stabilisierten wässrigen Polyurethan-Harze eignen sich weiterhin als Bindemittel in - ggf. mineralische Bindemittel enthaltenden Formulierungen für rissüberbrückende Beschichtungssysteme in Form von

- a) Grund-, Schwimm- oder Deckschichten sowie Spritzbeschichtungen oder Versiegelungen auf vorzugsweise grundierten Bauwerksoberflächen,
- b) (ggf. flammgeschützten) Dach-Beschichtungen oder -Anstrichen, sowie
- c) (ggf. flammgeschützten) Abdichtungen von Bauwerken im Tage- oder Untertagebau.

Bei den genannten Anwendungen sind die erfindungsgemäß vorgeschlagenen elektrosterisch stabilisierten wässrigen Polyurethan-Harze insbesondere als Bindemittel zur Herstellung von ggf. zementbasierenden wässrigen Dickbeschichtungen geeignet.

Die erfindungsgemäß vorgeschlagenen elektrosterisch stabilisierten wässrigen Polyurethan-Harze können im Baubereich außerdem als Bindemittel für Beschichtungen, Dichtstoffe, Druckfarben, Farben und Lacke, Grundierungen,

Klebstoffe, Membranen für die Oberflächen von mineralischen Baustoffen, wie z.B. Beton, Gips, Keramik, Ton, Zement, sowie für die Oberflächen von Glas, Gummi, Holz und Holzwerkstoffen, Kunststoff, Metall, Papier, Verbundwerkstoffen eingesetzt werden.

Darüber hinaus eignen sich die erfindungsgemäßen vorgeschlagenen elektrosterisch stabilisierten wässrigen Polyurethan-Harze als Bindemittel für die Beschichtung von echten und synthetischen Ledern sowie Papier und Kartonagen und für die Herstellung von synthetischen Ledern.

Die erfindungsgemäß vorgeschlagenen elektrosterisch stabilisierten wässrigen Polyurethan-Harze können in ein-, zwei- oder mehrkomponentiger Form zum Einsatz kommen, wobei die weiteren Komponenten Formulierungsbestandteile und/oder Härter enthalten können. Hierbei können die erfindungsgemäßen Polyurethan-Harze in Kombination mit Formulierungsbestandteilen und ggf. weiteren Polymeren in Form von redispergierbaren Dispersionspulvern oder als Bindemittel in Mengen von 0,5 bis 75 Gew.-% bezogen auf das fertig formulierte Endprodukt eingesetzt werden.

Es ist prinzipiell auch möglich, innerhalb von Formulierungen die erfindungsgemäßen elektrosterisch stabilisierten wässrigen Polyurethan-Harze mit wässrigen oder nichtwässrigen Bindemitteln und/oder Formulierungen auf Basis der erfindungsgemäßen Polyurethan-Harze mit Formulierungen auf Basis von wässrigen oder nichtwässrigen Bindemitteln zu kombinieren. Der Begriff wässrige oder nichtwässrige Bindemittel kennzeichnet dabei wasserbasierende Polyurethane, Polymer-Dispersionen, redispergierbare Polymer-Pulver oder nichtwässrige lösemittelhaltige oder lösemittelfreie und ggf. reaktive Polymere.

Bei den einzelnen Formulierungsbestandteilen handelt es sich Füllstoffe, Pigmente, Weichmacher, Fasermaterialien, Entschäumer, Entlüfter, Gleit- und Verlaufadditive, Dispergieradditive, Substratnetzadditive, Hydrophobierungsmittel, Rheologiehilfsmittel, Haftvermittler, Flammenschutzmittel, Frostschutzmittel, Antioxidantien, UV-Stabilisatoren und Konservierungsmittel.

Die Formulierungs-Bestandteile können während und/oder nach der Herstellung der Polyurethan-Dispersionen eingebracht werden. Im Falle einer *in-situ* formulierten Polyurethan-Dispersion wird die Formulierung in das Herstellungsverfahren des Bindemittels integriert, d.h. die (inerten) Formulierungs-Bestandteile werden bereits ganz oder teilweise im Dispergiermedium vorgelegt.

Die Applikation der erfindungsgemäßen vorgeschlagenen elektrosterisch stabilisierten wässrigen Polyurethan-Harze erfolgt mit den bekannten Methoden, wie z.B. Fluten, Gießen, Rakeln, Spritzen, Streichen, Tauchen, Walzen.

Die nachfolgenden Beispiele sollen die Erfindung näher veranschaulichen.

Beispiele

Beispiel A.1

A.1.1 Methyl-poly-(ethylenoxid-co/ran-propylenoxid):

102,2 g (1 mol) Methyl-diglykol und 7,0 g (0,1 Mol) Kaliummethanolat wurden in einen Reaktor gegeben. Nach sorgfältiger Spülung mit Reinststickstoff wurde auf 115 °C aufgeheizt und ein Gemisch aus 437 g (9,93 Mol) Ethylenoxid und 173 g (2,98 Mol) Propylenoxid innerhalb von 20 Minuten zugegeben. Nach einer Nachreaktionszeit bis zur Druckkonstanz wurde nochmals ein Gemisch von 437 g (9,93 Mol) Ethylenoxid und 173 g (2,98 Mol) Propylenoxid innerhalb von 20 Minuten zudosiert. Nach vollständiger Einleitung des Monomergemischs wurde die Temperatur so lange auf 115 °C gehalten, bis ein konstanter Manometerdruck das Ende der Nachreaktion anzeigte. Schließlich wurden bei 80 bis 90 °C die nicht umgesetzten Restmonomere im Vakuum entfernt. Das erhaltene Produkt wurde mit Hilfe von Phosphorsäure neutralisiert und das Wasser durch Destillation, das entstandene Kaliumphosphat durch Filtration zusammen mit einem Filterhilfsmittel entfernt.

Das Molekulargewicht aus der Bestimmung der Hydroxylzahl bei einer angenommenen Funktionalität von 1 betrug $M = 1140 \text{ g/mol}$.

A.1.2 Building Block Synthese („Dispersing Diol“):

In einem Vierhalskolben ausgerüstet mit KPG-Rührer, Rückflußkühler, Innenthermometer und Stickstoff-Deckung wurden 0,1 mol reines 2,4-Toluylendiisocyanat (TDI) (Desmodur T 100, Bayer AG) unter Stickstoff vorgelegt und auf ca. 15-20 °C abgekühlt. Ein Auskristallisieren von 2,4-Toluylendiisocyanat (TDI) sollte dabei unbedingt vermieden werden. Nach Zugabe von 2 Tropfen Dibutylzinndilaurat (DBTL) als Katalysator wurden unter Kühlung innerhalb von ca. 2 Stunden eine äquimolare Menge Methyl-poly(ethylenoxid-co/ran-propylenoxid) langsam zugetropft. Nach Beendigung

des Zutropfens wurde der Ansatz zwei weitere Stunden bei gleicher Temperatur nachgerührt bis der gewünschte NCO-Wert erreicht wurde. Das Preaddukt wurde anschließend unter Kühlung zu einer äquimolaren Menge Diethanolamin (DEA) langsam zugetropft.

Die Reaktion ist beendet, wenn der NCO-Wert auf Null gesunken ist.

Beispiel A.2

Die Herstellung erfolgte in Analogie zu Beispiel A.1.2. Als hydrophiles Alkylpolyalkylenglykol wurde Natriumsulfonatopropyl -poly-(ethylenoxid-co/ran-propylenoxid) (Tego Chemie Service GmbH) mit einem Molekulargewicht von

$M = 1275 \text{ g/mol}$ eingesetzt.

Beispiel B.1

Lösemittelfreie elektrosterisch stabilisierte Polyurethan-Dispersion auf Basis PPG 2000 und Building Block („Dispersing Diol“) aus Beispiel A.1

In einem Vierhalskolben ausgerüstet mit KPG-Rührer, Rückflußkühler, Thermometer und Stickstoff-Deckung wird zunächst ein Gemisch aus 9,02 g Building Block (aus Beispiel A1) und 41,52 g Isophorondiisocyanat (Vestanat® IPDI, Degussa AG) unter Stickstoff-Deckung ca. 30 Minuten bei 45 °C in Gegenwart von 0,1 g Dibutylzinndilaureat (DBTL) als Katalysator gerührt. Nach Zugabe von 100,00 g eines Polypropylenglykols mit einer Hydroxyl-Zahl von 56,1 mg KOH·g⁻¹ (Arco Arcol PPG 2000 der Fa. Arco Chemical) und 0,58 g 1,4-Butandiol zu dem Preaddukt wird die Mischung unter Stickstoff-Deckung bei 80 - 90 °C weitere 1,5 h gerührt. Anschließend werden 4,11 g fein gemahlene Dimethylolpropionsäure (Handelsname DMPA® der Fa. Mallinckrodt) zugegeben und die Mischung weitere 2,5 h bei unveränderter Temperatur gerührt, bis der berechnete NCO-Gehalt erreicht wird (Theorie: 5,06 Gew.-%, NCO/OH = 2,00). Der Verlauf der Reaktion wird acidimetrisch verfolgt.

Nach dem Abkühlen auf 70°C wird das Prepolymer dann unter intensivem Rühren in 130,59 g Wasser dispergiert, das zuvor mit 21,44 g (70 Equivalent-% Neutralisation) wässriger Natriumhydroxid-Lösung (4 Gewichts-%ig) versetzt wurde und ca. 15 Minuten nachgerührt. Anschließend wird zum Aufbau der Polyurethan-Dispersion mit 18,83 g (70 Equivalent-%) einer 80 Gewichts%igen Lösung von Jeffamin® D-230 (der Fa. Huntsman) in Wasser kettenverlängert. Es wird eine stabile Polyurethan-Dispersion mit folgender Charakteristik erhalten:

| | |
|-------------------------------|--------------------------------|
| Aussehen | milchig-weiß |
| Feststoff-Gehalt | 52,5 Gew.-% |
| Ladungsdichte | 18,0 meq·(100 g) ⁻¹ |
| EO-Gehalt im Prepolymer | 3,5 Gew.-% |
| pH | 6,8 |
| Viskosität - Brookfield | 170 mPa·s (20°C) |
| Mittlerer Partikeldurchmesser | 120-160 nm |

Beispiel B.2

Lösemittelfreie elektrosterisch stabilisierte Polyurethan-Dispersion auf Basis eines hydrophobierten Polyalkylenoxides (Poly-(propylenoxid)-*block*-poly-(butylenoxid)-*block*-poly-(propylenoxid und Building Block („Dispersing Diol“))
aus Beispiel A.1

Die Herstellung erfolgte in Analogie zu Beispiel B.1, nur dass anstelle des Polypropylenglykols, ein hydrophobiertes Polypropylenglykol mit) mit 42 Gew.-% eines Polybutylenoxid-Mittelblocks und einer Hydroxyl-Zahl von 53,1 mg KOH·g⁻¹ (Fa. Tego Chemie Service GmbH) verwendet wird.

| | |
|----------------------------------|--------------------------------|
| Aussehen | milchig-weiß |
| Feststoff-Gehalt | 52,5 Gew.-% |
| Ladungsdichte | 18,2 meq·(100 g) ⁻¹ |
| EO-Gehalt im Prepolymer | 3,5 Gew.-% |
| pH | 6,8 |
| Viskosität - Brookfield | 175 mPa·s (20°C) |
| Mittlerer Partikeldurchmesser | 120-160 nm |

Beispiel B.3

Lösemittelfreie elektrosterisch stabilisierte Polyurethan-Dispersion auf Basis PPG 2000 und Building Block („Dispersing Diol“) aus Beispiel A.2

In einem Vierhalskolben ausgerüstet mit KPG-Rührer, Rückflußkühler, Thermometer und Stickstoff-Deckung wird zunächst ein Gemisch aus 10,18 g Building Block (aus Beispiel A.2) und 37,77 g Isophorondiisocyanat (Vestanat® IPDI, Degussa AG) unter Stickstoff-Deckung ca. 30 Minuten bei 45 °C in Gegenwart von 0.1 g Dibutylzinndilaureat (DBTL) als Katalysator gerührt. Nach Zugabe von 100,00 g eines Polypropylenglykols mit einer Hydroxyl-Zahl von 56,1 mg KOH·g⁻¹ (Arco Arcol PPG 2000 der Fa. Arco Chemical) und 0,58 g 1,4-Butandiol zu dem Preaddukt wird die Mischung unter Stickstoff-Deckung bei 80 - 90 °C weitere 1,5 h gerührt. Anschließend werden 2,98 g fein gemahlene Dimethylolpropionsäure (Handelsname DMPA® der Fa. Mallinckrodt) zugegeben und die Mischung weitere 2,5 h bei unveränderter Temperatur gerührt, bis der berechnete NCO-Gehalt erreicht wird (Theorie: 4,71 Gew.-%, NCO/OH = 2,00). Der Verlauf der Reaktion wird acidimetrisch verfolgt.

Nach dem Abkühlen auf 70°C wird das Prepolymer dann unter intensivem Rühren in 139,27 g Wasser dispergiert, das zuvor mit 13,42 g (60 Equivalent-%

Neutralisation bezogen auf DMPA) wässriger Natriumhydroxid-Lösung (4 Gewichts-%ig) versetzt wurde und ca. 15 Minuten nachgerührt. Anschließend wird zum Aufbau der Polyurethan-Dispersion mit 7,15 g (70 Equivalent-%) einer 50 Gewichts-%igen Lösung von Ethylendiamin in Wasser kettenverlängert. Es wird eine stabile Polyurethan-Dispersion mit folgender Charakteristik erhalten:

| | |
|-------------------------------|--------------------------------|
| Aussehen | milchig-weiß |
| Feststoff-Gehalt | 50,0 Gew.-% |
| Ladungsdichte | 18,4 meq·(100 g) ⁻¹ |
| EO-Gehalt im Prepolymer | 4,1 Gew.-% |
| pH | 6,9 |
| Viskosität - Brookfield | 190 mPa·s (20°C) |
| Mittlerer Partikeldurchmesser | 140-180 nm |

Beispiel B.4

Lösemittelfreie elektrosterisch stabilisierte Polyurethan-Dispersion auf Basis Polytetrahydrofuran (PTHF) und Building Block („Dispersing Diol“) aus

Beispiel A.1

Die Herstellung erfolgte in Analogie zu den Beispielen B.1 und B.2, nur dass anstelle des Polypropylenglykols ein Polytetrahydrofurandiol (PTHF) mit einer Hydroxyl-Zahl von 56,1 mg KOH·g⁻¹ (BASF AG) verwendet wird.

| | |
|--|--------------------------------------|
| Aussehen | milchig-weiß |
| Feststoff-Gehalt | 50,0 Gew.-% |
| Ladungsdichte | 17,7 meq·(100 g)⁻¹ |
| EO-Gehalt im Prepolymer | 3,5 Gew.-% |
| pH | 6,8 |
| Viskosität - Brookfield | 195 mPa·s (20°C) |
| Mittlerer Partikeldurchmesser | 140-180 nm |

Lösemittelfreie elektrosterisch stabilisierte Polyurethan-Dispersion aus den Beispielen B.1 bis B.4 unter Verwendung der Building Blocks A.1 und A.2 (Gesamtübersicht)

Die Herstellung erfolgte in Analogie zu den Beispielen B.1 bzw. B.3. Eingesetzt wurden jedoch:

| Beispiel | B.1 | B.2 | B.3 | B.4 |
|--|---------------------------|--|-----------------------|-----------------------|
| Building Block („Dispersing Diol“) | 9,02 g A.1 | 8,95 g A.1 | 10,18 g A.2 | 8,67 g A.1 |
| Polymeres Diol (jeweils 100 g) | PPG 2000 | Poly-(propylenoxid)- <i>block</i> -poly-(butylenoxid)- <i>block</i> -poly-(propylenoxid) | PPG 2000 | PTHF 2000 |
| 1,4-Butandiol | 0,58 g | 0,58 g | 0,58 g | - |
| DMPA® | 4,11 g | 4,11 g | 2,98 g | 3,63 g |
| IPDI | 41,52 g | 40,31 g | 37,77 g | 36,96 g |
| NaOH (4 Gew.-%ig) | 21,45 g (70 % neutr.) | 21,45 g (70 % neutr.) | 13,42 g (60 % neutr.) | 16,24 g (60 % neutr.) |
| EDA (50 Gew.-%ig) | - | - | 7,15 g | 7,00 g |
| Jeffamin D-230 (80 Gew.-%ig) | 18,83 g | 18,26 g | - | - |
| H ₂ O | 130,59 g | 129,13 g | 139,27 g | 134,42 |
| NCO (Theorie) | 5,06 Gew.-% | 4,95 Gew.-% | 4,71 Gew.-% | 4,68 Gew.-% |
| Charakteristik | milchig-weiße Flüssigkeit | | | |
| Festkörper-Gehalt [Gew.-%] | 52,5 | 52,5 | 50,0 | 50,0 |
| EO-Gehalt im PP [Gew.-%] | 3,5 | 3,5 | 4,1 | 3,5 |
| Ladungsdichte [meq·(100 g) ⁻¹] | 18,0 | 18,2 | Gesamt 18,4 | 17,7 |

Eigenschaftsprofil der lösemittelfreien elektrosterisch stabilisierte Polyurethan-Dispersionen aus den Beispielen B.1 bis B.4

| Beispiel | B.1 | B.2 | B.3 | B.4 |
|---|---------|----------|----------|----------|
| Zugfestigkeit σ_M | 25,1MPa | 25,8 MPa | 24,6 MPa | 23,0 MPa |
| Dehnung bei der Zugfestigkeit ε_M | 786 % | 710 % | 698% | 701% |

Matrialeigenschaften nach EN ISO 527

Patentansprüche

1. Elektrosterisch stabilisierte wässrige Polyurethan-Harze mit einem verbessertem Eigenschaftsprofil erhältlich durch
 - a) die Herstellung eines hydrophilen und lösemittelfreien Makromonomers (A)(ii) mit monomodaler Molekularmassenverteilung, wobei man
 - a₁) 50 bis 100 Gewichtsteile eines hydrophilen Alkyl- und/oder Arylpolyalkylenglykols (A)(i) mit einer gegenüber Isocyanat-Gruppen reaktiven primären und/oder sekundären und/oder tertiären Hydroxyl-Gruppe und einer Molekularmasse von 250 bis 5000 Dalton mit 1 bis 100 Gewichtsteilen eines Polyisocyanates (B)(i), bestehend aus mindestens einem Diisocyanat, Polyisocyanat, Polyisocyanat-Derivat oder Polyisocyanat-Homologen mit zwei oder mehreren (cyclo)aliphatischen oder aromatischen Isocyanat-Gruppen gleicher oder unterschiedlicher Reaktivität ggf. in Gegenwart eines Katalysators zur Reaktion bringt,
 - a₂) das Preaddukt aus Stufe a₁) vollständig mit 0,5 bis 200 Gewichtsteilen einer Verbindung (C) mit zwei oder mehreren gegenüber Isocyanat-Gruppen reaktiven primären und/oder sekundären Amino-Gruppen und/oder Hydroxyl-Gruppen und einer Molekularmasse von 50 bis 500 Dalton zur Reaktion bringt sowie
 - b) durch die Herstellung der Polyurethan-Dispersion, wobei man
 - b₁) 2 bis 50 Gewichtsteile des hydrophilen und lösemittelfreien Makromonomers (A)(ii) mit monomodaler Molekularmassenverteilung mit zwei oder mehreren gegenüber

Isocyanat-Gruppen reaktiven Hydroxyl-Gruppen und einer Molekularmasse von 500 bis 5500 Dalton mit 25 bis 250 Gewichtsteilen einer Polyisocyanat-Komponente (B)(ii), bestehend aus mindestens einem Polyisocyanat, Polyisocyanat-Derivat oder Polyisocyanat-Homologen mit zwei oder mehreren (cyclo)aliphatischen oder aromatischen Isocyanat-Gruppen ggf. unter Zugabe von 0 bis 50 Gewichtsteilen einer Lösemittel-Komponente (D) und ggf. in Gegenwart eines Katalysators umgesetzt,

- b₂) das Polyurethan-Preaddukt aus Stufe b₁) mit 50 bis 100 Gewichtsteilen eines polymeren Polyols (A)(iii) mit zwei oder mehreren gegenüber Isocyanat-Gruppen reaktiven Hydroxyl-Gruppen und einer Molekularmasse von 500 bis 5000 Dalton

und ggf.

mit 0,5 bis 10 Gewichtsteilen einer niedermolekularen Polyolkomponente (A)(iv) mit 2 oder mehreren Hydroxyl-Gruppen und einem Molekulargewicht von 50 bis 499 Dalton ggf. in Gegenwart eines Katalysators umgesetzt,

- b₃) das Polyurethan-Preaddukt aus Stufe b₂) mit 2 bis 20 Gewichtsteilen einer niedermolekularen und anionisch modifizierbaren Polyol-Komponente (A)(v) mit einer, zwei oder mehreren gegenüber Isocyanat-Gruppen reaktiven Hydroxyl-Gruppen und einer oder mehreren inerten Carbonsäure- und/oder Sulfonsäure-Gruppe(n), welche mit Hilfe von Basen teilweise oder vollständig in Carboxylat- bzw. Sulfonatgruppen überführt werden können oder bereits in Form von Carboxylat- und/oder Sulfonat-Gruppen vorliegen, und einer Molekularmasse von 100 bis 1000 Dalton ggf. in Gegenwart eines Katalysators umgesetzt,

- b₄) das Polyurethan-Prepolymer aus Stufe b₃) vor oder während der Dispergierung in Wasser zur teilweisen oder vollständigen Neutralisation der Säure-Gruppen mit 2 bis 20 Gewichtsteilen einer Neutralisations-Komponente (E) versetzt,
 - b₅) das ggf. (teil-)neutralisierte Polyurethan-Prepolymer aus Stufe b₄) in 50 bis 1500 Gewichtsteilen Wasser, welches ggf. noch 0 bis 100 Gewichtsteile einer Formulierungs-Komponente (F) enthält, dispergiert und schließlich
 - b₆) die (teil-)neutralisierte Polyurethan-Prepolymer-Dispersion aus Stufe b₅) mit 3 bis 60 Gewichtsteilen einer Kettenverlängerungs-Komponente (G) sowie anschließend oder gleichzeitig mit 0 bis 30 Gewichtsteilen einer Kettenstoppungs-Komponente (H) umsetzt.
- 2. Polyurethan-Dispersion nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass es sich bei der Komponente (A)(i) um Copolymere und/oder statistische Copolymere und/oder Blockcopolymere, zusammengesetzt aus 90 bis 10 Gew.-% Ethylenoxid und 10 bis 90 Gew.-% weiteren Alkylenoxiden mit 4 bis 30 Kohlenstoffatomen pro Alkylenoxid, mit einer primären und/oder sekundären und/oder tertiären Hydroxyl-Gruppe handelt.
- 3. Polyurethan-Dispersion nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass es sich bei der Komponente (A)(i) um ein monofunktionelles Alkyl-poly-(ethylenoxid-*co/ran*-alkylenoxid) und/oder Alkyl-poly-(ethylenoxid-*block*-alkylenoxid) und/oder Natriumsulfonatopropyl-poly-(ethylenoxid-*co/ran*-alkylenoxid) und/oder Natriumsulfonatopropyl-poly-(ethylenoxid-*block*-alkylenoxid) mit einer primären und/oder sekundären und/oder tertiären Hydroxyl-Gruppe, zusammengesetzt aus 90 bis 10 Gew.-% Ethylenoxid und 10 bis 90 Gew.-% eines weiteren Alkylenoxids, handelt.

4. Polyurethan-Dispersion nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass es sich bei dem Alkylenoxid um Propylenoxid, Butylenoxid, Dodecyloxid, Isoamyloxid, Oxetan, substituierte Oxetane, α -Pinenoxid, Styroloxid, Tetrahydrofuran oder weitere aliphatische oder aromatische Alkylenoxide mit 4 bis 30 Kohlenstoffatomen pro Alkylenoxid handelt.
5. Polyurethan-Dispersion nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass es sich bei der Komponente (A)(i) um monofunktionelle Polyalkylenglykole und bei der Komponente (B)(i) um ein mindestens funktionelles Polyisocyanat handelt.
6. Polyurethan-Dispersion nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass es sich bei der Komponente (B)(i) um 2,4-Toluendiisocyanat, Isomerengemische aus 2,4-Toluendiisocyanat und 2,6-Toluendiisocyanat oder Isomerengemische aus Isophorondiisocyanat handelt.
7. Polyurethan-Dispersion nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass es sich bei der Komponente (C) um Diethanolamin handelt.
8. Polyurethan-Dispersion nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass als Komponente (A)(iii) lineare bzw. difunktionelle Polyalkylenglykole mit einer Molekularmasse von 500 bis 5000 Dalton eingesetzt werden.
9. Polyurethan-Dispersion nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass es sich bei der Komponente (A)(iii) um Polypropylenglykole und/oder hydrophob modifizierte Blockcopolymere mit ABA-, BAB- oder $(AB)_n$ -Struktur handelt, wobei A ein Polymer-Segment mit hydrophobierenden Eigenschaften und B ein Polymer-Segment auf Basis Polypropylenoxid repräsentiert.

10. Polyurethan-Dispersion nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass das Polymer-Segment A aus Polybutylenoxid, Polydodecyloxid, Polyisoamyloxid, Polyoxetan, substituiertem Polyoxetan, Poly- α -pinenoxid, Polystyroxid, Polytetramethylenoxid, weiteren aliphatischen oder aromatischen Polyoxyalkylenen mit 4 bis 30 Kohlenstoffatomen pro Alkylenoxid, α,ω -Polymethacrylatdiolen, α,ω -Dihydroxyalkylpolydimethylsiloxanen, Makromonomeren, Telechelen oder Gemischen daraus besteht.
11. Polyurethan-Dispersion nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass es sich bei der Komponente (A)(v) um eine Bishydroxyalkancarbonsäure handelt.
12. Polyurethan-Dispersion nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass als Bishydroxyalkancarbonsäure Dimethylolpropionsäure eingesetzt wird.
13. Polyurethan-Dispersion nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass das NCO/OH-Equivalentverhältnis in Stufe a₁) auf 1,9 bis 2,1 und das NCO/OH+NH-Equivalentverhältnis in Stufe a₂) auf 0,95 bis 1,05 eingestellt wird.
14. Polyurethan-Dispersion nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass das NCO/OH-Equivalent-Verhältnis der Komponenten (A)(i), (A)(ii), (A)(iii), (A)(iv), (A)(v) und (B)(ii) in Stufe b) auf einen Wert von 1,25 bis 2,5, vorzugsweise 1,4 bis 2,0, eingestellt wird.
15. Polyurethan-Dispersion nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass die Neutralisations-Komponente (E) in einer solchen Menge zugegeben wird, dass der Neutralisations-Grad bezogen auf die freien Carbonsäure- und/oder Sulfonsäure-Gruppen des Polyurethan-Prepolymers bei 25 bis 100 Equivalent-%, vorzugsweise 50 bis 100 Equivalent-%, liegt.

16. Polyurethan-Dispersion nach einem der Ansprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Kettenverlängerungs-Komponente (G) in einer solchen Menge eingesetzt wird, dass der Kettenverlängerungs-Grad bezogen auf die freien Isocyanat-Gruppen des Polyurethan-Prepolymers bei 50 bis 100 Equivalent-%, vorzugsweise bei 70 bis 80 Equivalent-%, liegt.
17. Polyurethan-Dispersion nach einem der Ansprüche 1 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass die Kettenstopper-Komponente (H) in einer solchen Menge eingesetzt wird, dass der Kettenstoppungs-Grad bezogen auf die freien Isocyanat-Gruppen des Polyurethan-Prepolymers bei 0 bis 50 Equivalent-%, vorzugsweise bei 20 bis 30 Equivalent-%, liegt.
18. Polyurethan-Dispersion nach einem der Ansprüche 1 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass im Polyurethan-Polymer aus den Komponenten (A), (B), (C), (E), (G) und (H) der Gehalt an Ethylenoxid-Gruppen bei 0,5 bis 10 Gew.-% vorzugsweise bei 2 bis 5 Gew.-% liegt.
19. Polyurethan-Dispersion nach einem der Ansprüche 1 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass im Polyurethan-Polymer aus den Komponenten (A), (B), (C), (E), (G) und (H) der Gehalt an Carboxylat- und/oder Sulfonat-Gruppen auf 5 bis 25 meq·(100 g)⁻¹, vorzugsweise auf 10 bis 20 meq·(100 g)⁻¹, und die Säurezahl auf 5 bis 30 meq KOH·g⁻¹, vorzugsweise auf 10 bis 25 meq KOH·g⁻¹, eingestellt wird.
20. Polyurethan-Dispersion nach einem der Ansprüche 1 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass der Festkörper-Gehalt an Polyurethan-Polymer bestehend aus den Komponenten (A), (B), (C), (E), (G) und (H) auf 30 bis 70 Gew.-%, vorzugsweise 50 bis 55 Gew.-%, bezogen auf die Gesamtmenge der Polyurethan-Dispersion eingestellt wird.

21. Polyurethan-Dispersion nach einem der Ansprüche 1 bis 20, dadurch gekennzeichnet, dass die mittlere Partikelgröße der Mizellen 50 bis 500 nm, vorzugsweise 100 bis 400 nm, beträgt.
22. Polyurethan-Dispersion nach einem der Ansprüche 1 bis 21, dadurch gekennzeichnet, dass die mittlere Molmasse (Zahlenmittel) 25 000 bis 500 000 Dalton beträgt.
23. Verfahren zur Herstellung einer elektrosterisch stabilisierten Polyurethan-Dispersion nach einem der Ansprüche 1 bis 22, dadurch gekennzeichnet, dass man
- a) ein hydrophiles und lösemittelfreies Makromonomer (A)(ii) mit monomodaler Molekularmassenverteilung dadurch herstellt, dass man
 - a₁) 50 bis 100 Gewichtsteile eines hydrophilen Alkyl- oder Arylpolyalkylenglykols (A)(i) mit 1 bis 100 Gewichtsteilen einer Polyisocyanat-Komponente (B)(i) ggf. in Gegenwart eines Katalysators in Abwesenheit von Lösemitteln zur Reaktion bringt, wobei die Reaktionsbedingungen und die Selektivitäten der Komponenten (A)(i) und (B)(i) so gewählt werden, dass nur eine Isocyanat-Gruppe der Komponente (B)(i) mit der Komponente (A)(i) reagiert, und anschließend
 - a₂) das einheitliche Preaddukt aus Stufe a₁) vollständig mit 0,5 bis 200 Gewichtsteilen einer Verbindung (C) in Abwesenheit von Lösemitteln zur Reaktion bringt, wobei die Reaktionsbedingungen und die Selektivität der Komponente (C) so gewählt werden, dass nur eine reaktive Gruppe der Komponente (C) mit der/den freien Isocyanat-Gruppe(n) des Preaddukts reagiert,
 - b) die Polyurethan-Dispersion dadurch herstellt, dass man

- b₁) 2 bis 50 Gewichtsteile des hydrophilen und lösemittelfreien Makromonomers (A)(ii) mit 25 bis 250 Gewichtsteilen der Polyisocyanat-Komponente (B)(i) ggf. in Gegenwart von 0 bis 50 Gewichtsteilen einer Lösemittel-Komponente (D) sowie eines Katalysators umsetzt,**
- b₂) das Polyurethan-Preaddukt aus Stufe b₁) mit 50 bis 100 Gewichtsteilen eines polymeren Polyols (A)(iii) und ggf. mit 0,5 bis 10 Gewichtsteilen einer niedermolekularen Polyolkomponente (A)(iv) ggf. in Gegenwart eines Katalysators zur Reaktion bringt,**
- b₃) das homogene Polyurethan-Preaddukt aus Stufe b₂) mit 2 bis 20 Gewichtsteilen einer Polyol-Komponente (A)(v) ggf. in Gegenwart eines Katalysators umsetzt,**
- b₄) das homogene Polyurethan-Prepolymer aus Stufe b₃) vor oder während der Dispergierung in 50 bis 1 500 Gewichtsteilen Wasser mit 2 bis 20 Gewichtsteilen einer Neutralisations-Komponente (E) versetzt,**
- b₅) das ggf. (teil-)neutralisierte Polyurethan-Prepolymer aus Stufe b₄) in 50 bis 1 500 Gewichtsteilen Wasser, welches ggf. noch 0 bis 100 Gewichtsteile einer Formulierungs-Komponente (F) enthält, dispergiert und schließlich**
- b₆) die (teil-)neutralisierte Polyurethan-Prepolymer-Dispersion aus Stufe b₅) mit 3 bis 60 Gewichtsteilen einer Kettenverlängerungs-Komponente (G) sowie anschließend oder gleichzeitig mit 0 bis 30 Gewichtsteilen einer Kettenstoppungs-Komponente (H) umsetzt.**

24. Verfahren nach Anspruch 23, dadurch gekennzeichnet, dass in der Reaktionsstufe a₁) die Komponente (B)(i) zur Komponente (A)(i) oder die Komponente (A)(i) zur Komponente (B)(i) zudosiert wird.
25. Verfahren nach Anspruch 23, dadurch gekennzeichnet, dass die Reaktionsstufen a₁) und a₂) bei einer Temperatur von 10 bis 30 °C durchgeführt werden.
26. Verfahren nach einem der Ansprüche 23 bis 25, dadurch gekennzeichnet, dass die Reaktionsstufen b₁), b₂) und b₃) bei einer Temperatur von 60 bis 120 °C, vorzugsweise von 80 bis 100 °C, durchgeführt werden.
27. Verfahren nach einem der Ansprüche 23 bis 26, dadurch gekennzeichnet, dass die Reaktionsstufen b₄) und b₅) bei einer Temperatur von 40 bis 60 °C durchgeführt werden.
28. Verfahren nach einem der Ansprüche 23 bis 27, dadurch gekennzeichnet, dass die Reaktionsstufe b₆) bei 30 bis 50 °C durchgeführt wird.
29. Verfahren nach einem der Ansprüche 23 bis 28, dadurch gekennzeichnet, dass im Anschluss an die Reaktionsstufe b₆) evtl. noch vorhandene freie NCO-Gruppen mit Wasser vollständig kettenverlängert werden.
30. Verwendung der Polyurethan-Dispersion nach einem der Ansprüche 1 bis 22 als Bindemittel in flüssigen und pastösen Bauprodukten in Form von
 - (a) Kunstharzputzen,
 - (b) Bitumenmassen und Asphalt sowie
 - (c) Einzelkomponenten von Wärmedämmverbundsystemen, ggf. unter Zusatz von mineralischen Bindemitteln.

- 31. Verwendung der Polyurethan-Dispersion nach einem der Ansprüche 1 bis 22 als Vergütungskomponente von mineralischen Bauprodukten in Form von**
- (a) Mörtelzusatzdispersionen für Estriche, Bodenspachtel- und Verlaufsmassen,**
 - (b) Mörtelzusatzdispersionen für Bau-, Fliesen- und WDVS-Kleber,**
 - (c) Dispersionen als Mörtelzusatz für 2K-Dichtungsschlämme,**
 - (d) Mörtelzusatzdispersionen für Betonreparatursysteme sowie**
 - (e) Polymerdispersionen als Zusatzstoff im Betonbau.**
- 32. Verwendung der Polyurethan-Dispersion nach einem der Ansprüche 1 bis 21 als Bindemittel in - ggf. mineralische Bindemittel enthaltenden - Formulierungen für Sportbodenbeläge und Tennisplatzbeläge in Form von**
- (a) Bindemitteln für Elastikschichten, bestehend aus Gummigranulaten oder Fasern sowie ggf. Zuschlagstoffen,**
 - (b) Haftvermittlern oder Grundierungen für die Untergründe von Sportbodenbelägen,**
 - (c) Spritzbeschichtungen, ggf. mit Struktur-Füllstoffen, zur Aufbringung auf elastische oder starre Untergründe,**
 - (d) Verlaufsbeschichtungen zur Aufbringung auf elastische oder starre Untergründe,**
 - (e) Spachtelmassen für den Porenverschluß von elastischen oder starren Untergründen,**

- (f) Klebstoffen zur Verklebung von vorgefertigten Elastikschichten,
 - (g) Versiegelungen, ggf. mit Pigmenten, sowie
 - (h) Linierungsfarben.
33. Verwendung der Polyurethan-Dispersion nach einem der Ansprüche 1 bis 22 als Bindemittel in - ggf. mineralische Bindemittel enthaltenden - Formulierungen für rissüberbrückende Beschichtungssysteme in Form von
- a) Grund-, Schwimm- oder Deckschichten, sowie Spritzbeschichtungen oder Versiegelungen auf vorzugsweise grundierten Bauwerksoberflächen,
 - b) (ggf. flammgeschützten) Dach-Beschichtungen oder -Anstrichen, sowie
 - c) (ggf. flammgeschützten) Abdichtungen von Bauwerken im Tage- oder Untertagebau.
34. Verwendung der Polyurethan-Dispersion nach einem der Ansprüche 1 bis 22 als Bindemittel zur Herstellung von ggf. zementbasierenden wässrigen Dickbeschichtungen.
35. Verwendung der Polyurethan-Dispersion nach einem der Ansprüche 1 bis 22 als Bindemittel für Beschichtungen, Dichtstoffe, Druckfarben, Farben und Lacke, Grundierungen, Klebstoffe, Membranen für die Oberflächen von mineralischen Baustoffen, wie z.B. Beton, Gips, Keramik, Ton, Zement, sowie für die Oberflächen von Glas, Gummi, Holz und Holzwerkstoffen, Kunststoff, Metall, Papier, Verbundwerkstoffen.
36. Verwendung der Polyurethan-Dispersion nach einem der Ansprüche 1 bis 22 als Bindemittel für die Beschichtung von echten und synthetischen Ledern

sowie Papier und Kartonagen und für die Herstellung von synthetischen Ledern.

37. Verwendung nach einem der Ansprüche 30 bis 36, dadurch gekennzeichnet, dass die Polyurethan-Dispersion in ein-, zwei- oder mehrkomponentiger Form eingesetzt wird, wobei die weiteren Komponenten Formulierungsbestandteile und/oder Härter enthalten können.
38. Verwendung nach einem der Ansprüche 30 bis 36, dadurch gekennzeichnet, dass die Polyurethan-Dispersion in Kombination mit Formulierungsbestandteilen und ggf. weiteren Polymeren in Form von redispergierbaren Dispersionspulvern eingesetzt wird.
39. Verwendung nach einem der Ansprüche 30 bis 36, dadurch gekennzeichnet, dass die Polyurethan-Dispersion als Bindemittel in Mengen von 0,5 bis 75 Gew.-% bezogen auf das fertig formulierte Endprodukt eingesetzt wird.

Zusammenfassung

Es werden elektrosterisch stabilisierten Polyurethan-Harze mit einem verbessertem Eigenschaftsprofil beschrieben, erhältlich durch

- a) die Herstellung eines hydrophilen und lösemittelfreien Makromonomers (A)(ii) mit monomodaler Molekularmassenverteilung, wobei man
 - a₁) 50 bis 100 Gewichtsteile eines hydrophilen Alkyl- oder Arylpolyalkylenglykols (A)(i) mit 1 bis 100 Gewichtsteilen einer Polyisocyanat-Komponente (B)(i) ggf. in Gegenwart eines Katalysators in Abwesenheit von Lösemitteln zur Reaktion bringt und anschließend
 - a₂) das einheitliche Preaddukt aus Stufe a₁) vollständig mit 0,5 bis 200 Gewichtsteilen einer Verbindung (C) in Abwesenheit von Lösemitteln zur Reaktion bringt, sowie
- b) durch die Herstellung der Polyurethan-Dispersion, wobei man
 - b₁) 2 bis 50 Gewichtsteile des hydrophilen und lösemittelfreien Makromonomers (A)(ii) mit 25 bis 250 Gewichtsteilen der Polyisocyanat-Komponente (B)(i) ggf. in Gegenwart von 0 bis 50 Gewichtsteilen einer Lösemittel-Komponente (D) sowie eines Katalysators umsetzt,
 - b₂) das Polyurethan-Preaddukt aus Stufe b₁) mit 50 bis 100 Gewichtsteilen eines polymeren Polyols (A)(iii) und ggf. mit 0,5 bis 10 Gewichtsteilen einer niedermolekularen Polyolkomponente (A)(iv) ggf. in Gegenwart eines Katalysators zur Reaktion bringt,
 - b₃) das homogene Polyurethan-Preaddukt aus Stufe b₂) mit 2 bis 20 Gewichtsteilen einer Polyol-Komponente (A)(v) ggf. in Gegenwart eines Katalysators umsetzt,
 - b₄) das homogene Polyurethan-Prepolymer aus Stufe b₃) vor oder während der Dispergierung in 50 bis 1 500 Gewichtsteilen Wasser mit 2 bis 20 Gewichtsteilen einer Neutralisations-Komponente (E) versetzt,
 - b₅) das ggf. (teil-)neutralisierte Polyurethan-Prepolymer aus Stufe b₄) in 50 bis 1 500 Gewichtsteilen Wasser, welches ggf. noch 0 bis 100 Gewichtsteile einer Formulierungs-Komponente (F) enthält, dispergiert und schließlich
 - b₆) die (teil-)neutralisierte Polyurethan-Prepolymer-Dispersion aus Stufe b₅) mit 3 bis 60 Gewichtsteilen einer Kettenverlängerungs-Komponente (G) sowie anschließend oder gleichzeitig mit 0 bis 30 Gewichtsteilen einer Kettenstopps-Komponente (H) umsetzt.

Die Performance der erfindungsgemäßen Polyurethan-Dispersionen hinsichtlich Lösemittelfreiheit sowie Materialeigenschaften sind ausgezeichnet. Hervorzuheben sind außerdem die Einfachheit und Reproduzierbarkeit des Verfahrens sowie die Lagerstabilität der Produkte.